

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **03-153820**

(43)Date of publication of application : **01.07.1991**

---

(51)Int.Cl.

C21D 8/00

B21B 37/00

B21B 37/00

B21B 37/00

---

(21)Application number : **01-290055**

(71)Applicant : **KAWASAKI STEEL CORP**

(22)Date of filing : **09.11.1989**

(72)Inventor : **ISOBE KUNIO  
KOSEKI TOMOHITO  
YARITA YUKIO**

---

## (54) METHOD FOR PREDICTING ROLLING LOAD

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To produce a steel sheet high in thickness precision by using respective rolling friction coefficients in the region above the transformation point of a material to be rolled and in the region below the transformation point to predict the rolling load in warm rolling after hot rolling.

**CONSTITUTION:** The material is hot rolled and then warm-rolled. In this case, the Ar<sub>3</sub> transformation point of the material is calculated. A hot rolling friction coefficient is used in the temp. region above the transformation point to predict the rolling load. A warm-rolling friction coefficient is used in the temp. region up to the transformation point to predict the rolling load. Alternately, the rolling in the temp. region above the transformation point and that in the temp. region up to the transformation point are separated, and the rolling loads are respectively learned to predict the rolling loads. Consequently, the precision in predicting the rolling load in warm rolling is improved.

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平3-153820

⑬ Int. Cl.<sup>9</sup>C 21 D 8/00  
B 21 B 37/00

識別記号

BBM  
1 1 3 Z  
1 4 5 Z

庁内整理番号

7139-4K

⑭ 公開 平成3年(1991)7月1日

8823-4E

7728-4E

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全4頁)

⑮ 発明の名称 圧延荷重の予測方法

⑯ 特 願 平1-290055

⑰ 出 願 平1(1989)11月9日

⑱ 発 明 者 磯 邊 邦 夫 千葉県千葉市川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内

⑲ 発 明 者 小 関 智 史 千葉県千葉市川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内

⑳ 発 明 者 鐘 田 征 雄 千葉県千葉市川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内

㉑ 出 願 人 川崎製鉄株式会社 兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号

㉒ 代 理 人 弁理士 塩川 修治

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

圧延荷重の予測方法

## 2. 特許請求の範囲

(1) 被圧延材に熱間圧延とそれに引き続く温間圧延を施すに際して、被圧延材のAr3変態点を計算し、その変態点以上の温度域での圧延では熱間圧延摩擦係数を、その変態点未満の温度域での圧延では温間圧延摩擦係数を用いて圧延荷重を予測することを特徴とする圧延荷重の予測方法。

(2) 被圧延材に熱間圧延とそれに引き続く温間圧延を施すに際して、被圧延材の変態点以上の温度域での圧延と、その変態点未満の温度域での圧延とを分けて、別々に圧延荷重を学習して圧延荷重を予測することを特徴とする圧延荷重の予測方法。

## 3. 発明の詳細な説明

## 〔産業上の利用分野〕

本発明は、熱間圧延とそれに引き続いた温間圧延における圧延荷重の予測方法に関する。

## 〔従来の技術〕

熱延工程の終盤でAr3変態点以下の圧延(以下温間圧延という)を行なうことは、公知の技術である。

例えば、特開昭62-284016では、熱延工程の終盤でAr3変態点以下、500℃以上の温度域で、(a)少なくとも30%以上の圧延を行なうか、或いは(b)潤滑を施しロールと鋼板の平均摩擦係数を0.2以下として30%以上の温間圧延をすることにより、電磁特性の優れた鋼板の製造方法が開示されている。

又、特開昭61-159528では、TAr3+50℃からTAr3+200℃までの温度域で合計50%以上、最終パス20%以上の加工を行ない、然る後、5秒以内に10℃/秒以上の冷却速度でTAr3+50℃以下まで冷却し、更に500℃以上TAr3+50℃の温度域で50%以上の温間圧延を行なうことにより、加工性の優れた鋼板を製造する方法が開示されている。

## 〔発明が解決しようとする課題〕

## 特開平3-153820 (2)

上記従来技術のほかにも、熱間域での圧延に引き続いた温間域での圧延を利用し、製品の機械的特性の優れた鋼板の製造方法が数多く開示されているが、いずれもその特性を向上させるための条件が開示されているにすぎず、製品の厚みや幅等の寸法形状を所定の値に製造する技術は開示されていない。

一般に、熱間圧延に引き続いた温間圧延を行なうと、圧延荷重の予測精度が悪く、結果として板厚精度の良い鋼板を製造するのが困難である。

本発明は、熱間圧延に引き続いた温間圧延において、板厚精度の優れた鋼板を製造するための圧延荷重の予測方法を提供することを目的とする。

〔課題を解決するための手段〕

請求項1に記載の本発明は、被圧延材に熱間圧延とそれに引き続き温間圧延を施すに際して、被圧延材の $Ar_3$ 変態点を計算し、その変態点以上の温度域での圧延では熱間圧延摩擦係数を、その変態点未満の温度域での圧延では温間圧延摩擦係数

を用いて圧延荷重を予測するようにしたものである。

請求項2に記載の本発明は、被圧延材に熱間圧延とそれに引き続き温間圧延を施すに際して、被圧延材の変態点以上の温度域での圧延と、その変態点未満の温度域での圧延とを分けて、別々に圧延荷重を学習して圧延荷重を予測するようにしたものである。

〔作用〕

圧延荷重 $P$ は公知の如く、次式で与えられる。

$$P = K_m \cdot \ell_d \cdot Q_p \cdot W \quad \dots (1)$$

$$\ell_d = \sqrt{R' \cdot \Delta h} \quad \dots (2)$$

ここで、 $K_m$ ：変形抵抗、 $\ell_d$ ：投影接触弧長、 $Q_p$ ：圧下力関数、 $W$ ：板幅、 $R'$ ：偏平ロール半径、 $\Delta h$ ：圧延前後の板厚差である。(1)式の変形抵抗 $K_m$ は歪 $\epsilon$ 、歪速度 $\dot{\epsilon}$ 、圧延材温度 $T$ 、圧延材の化学成分 $C$ などの関数であり、(3)式で表わされる。

$$K_m = f(\epsilon, \dot{\epsilon}, T, C \dots) \quad \dots (3)$$

又、(1)式の圧下力関数 $Q_p$ は偏平ロール半径

$R'$ 、板厚 $h$ 、圧下率 $r$ 、摩擦係数 $\mu$ の関数であり、(4)式で示される。

$$Q_p = f(R', h, r, \mu) \quad \dots (4)$$

通常のホットストリップ仕上圧延のセットアップでは、これらの式を用い、圧延荷重を推定し、その圧延荷重によりロール間隙が変化する量を見込んで、所定の圧下スケジュールで圧延できるようにロール開度を調整していた。その手順の概略は、予め決められた板厚スケジュールに基づいて (I) 圧延温度の予測 (II) 変形抵抗の計算 (III) 圧下力関数の計算 (IV) 圧延荷重の計算を行なうことである。

式(1)～(4)は、熱間圧延である限り、単調な関数なので、学習を行なうことにより圧延荷重の予測精度は非常に良いが、ホットストリップ仕上ミル途中で材料の変態点未満の温間圧延を含む場合には、上記(II)、(III)が異なることから、以下の方法をとる必要がある。

圧延材の変態点 $Ar_3$ が含有化学成分に依存することは公知の事実であり、この変態点は、該変態

点で線膨張係数が変化することや、変形抵抗が不連続的に変化するなどにより測定が可能である。第2図は後者の例である。従って、種々の鋼について、それらの変態点は、テーブルとして持つか、化学成分を独立変数とした回帰式により知らなければならない。

次に、変形抵抗は、第2図の如くの温度依存性があり、然も変態点で不連続的に変化するので圧延温度が変態点以上の温度なのか変態点未満の温度なのかは重要である。但し、上記のようにこの不連続性は公知であるから、変形抵抗にこれを考慮して圧延荷重の計算を行なうのは当然である。

次に圧下力関数であるが、独立変数 $R'$ 、 $h$ 、 $r$ は幾何学的変数であり、圧延条件として与えられたり、収束計算の過程で定まる。一方、摩擦係数 $\mu$ は、圧延温度の低下とともに単調に大きくなるGelejiの式が知られている。

$$\mu = 0.82 - 0.0005T - 0.056V \quad \dots (5)$$

ここで、 $T$ ：圧延温度、 $V$ ：圧延速度

## 特開平3-153820(3)

ところが、温間域～熱間域に渡って $\mu$ を測定した結果、この $\mu$ は第1図のように変態点で不連続的に変化することが明らかになった。ここで、摩擦係数は、ロールに付けたマークの圧延材への転写マーク距離を測定して先進率を計算し、先進率と摩擦係数に関するOrowanの式より計算した。即ち、温間圧延域での摩擦係数を、従来の熱間圧延域の摩擦係数の外挿として、温度が下がるほど大きくなると、圧下力関数の推定を誤り、圧延荷重の予測値が実測値より大きくなり、結果として板厚が薄くなってしまう。

以上のように、摩擦係数の推定においても、圧延材の変態温度を計算しておき、圧延温度が変態点以上なのか未満かを計算し、それに基づいて、各々の温度領域での摩擦係数テーブルや数式等により摩擦係数を予測しなければ、温間域での圧延荷重精度の向上は期待できない。

従って、請求項1に記載の本発明によれば、圧延荷重の予測のために用いる摩擦係数を、圧延温度が変態点以上なのか変態点未満かに応じて推定

するものであるため、温間圧延域での圧延荷重の予測精度を向上し、板厚精度の優れた鋼板を製造できる。

又、請求項2に記載の本発明によれば、圧延荷重の学習を、圧延温度が変態点以上なのか変態点未満かに応じて別々に行なうものであるため、温間圧延域での圧延荷重の予測精度を向上し、板厚精度の優れた鋼板を製造できる。

## 【実施例】

## (実施例1)

まず、請求項1に記載の本発明の具体的実施結果について説明する。

厚み10mmの低炭素鋼を800、850、900℃に加熱し、 $\phi 310$ mmのロールで圧下率20%で圧延した。結果をまとめて表1に示す。

この材料の変態点 $T_{Ar3} = 830$ ℃であり、圧延温度が900℃、850℃であるA、B材は熱間域圧延であり、それぞれの変形抵抗は、数式から17.9、18.5kgf/mm<sup>2</sup>であり、摩擦係数の推定値はその数式からそれぞれ0.3、0.35であった。

圧延温度が800℃である材料について従来法を適用したC材については、摩擦係数を従来法から推定すると0.4となるのでOrowanの圧下力関数を計算し、800℃の変形抵抗値15.0kgf/mm<sup>2</sup>を用いて幅当たりの圧延荷重を計算したところ、333kgf/mmとなり、実測荷重314kgf/mmに比べ5.7%計算荷重が大きかった。

一方、圧延温度が800℃である材料について本発明法を適用したD材については、本発明法により、変態点未満の温間域でのこの鋼の摩擦係数は数式から800℃で0.25であったのでこれを用いて幅当たりの圧延荷重を計算した結果、計算荷重は315kgf/mmであり、実測値とほぼ一致した。

## (実施例2)

次に、請求項2に記載の本発明の具体的実施結果について説明する。

ホットストリップ仕上ミルにて圧延荷重の予測精度を向上させるために学習を行なっているが、従来、熱間圧延材と温間圧延材の学習は、特に分

離せずに行なっていた。その時の予測誤差は板厚1.2～2.3mmの鋼板に対して $1\sigma = 8.7\%$ であったが、温間域と熱間域で別々に学習するようにしたところ、本発明法により温間域の摩擦係数の推定がより正確になったため、温間域の圧延荷重の予測精度が $1\sigma = 5.1\%$ にまで向上した。

## 【発明の効果】

以上のように本発明によれば、熱間圧延に引き続く温間圧延において、圧延荷重の予測精度を向上し、板厚精度の優れた鋼板を製造できる。

## 4. 図面の簡単な説明

第1図は摩擦係数と圧延材温度との関係を示す線図、第2図は圧延材の変形抵抗と温度との関係を示す線図である。

代理人 弁理士 堀川 修 治

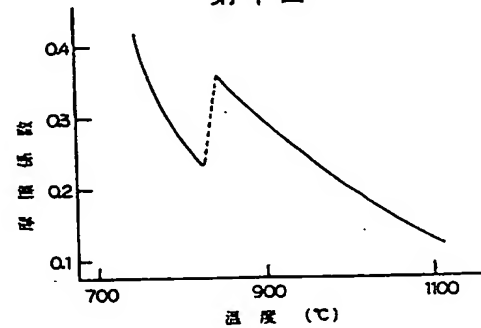
## 特開平3-153820 (4)

表 1

番 号	圧延温度 (℃)	平均変形抵抗 $k_m$ (kgf/mm <sup>2</sup> )	摩擦係数 $\mu$	実測圧延荷重 $P_e$ (kgf/mm)	計算圧延荷重 $P_c$ (kgf/mm)	備考
A	900	17.9	0.3	388	387	
B	850	18.5	0.35	408	405	
C	800	15.0	0.4	314	333	1
D	800	15.0	0.25	314	315	2

備考 1 A B材の摩擦係数より $\mu=0.4$ と推定した従来法による計算2 本発明法により推定した $\mu=0.2$ を用い計算

第 1 図



第 2 図

